

ные код по ФККО 4 34 120 03 51 5), которая составляет 65,85 кг, а всего вторичного сырья (смесь вторичных отходов и свежего сырья при соотношении смешения 1:1), используемого в данном производстве, – 131,64 кг (0,131 т).

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 25.07.2017 N 1589-р «Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается».
2. Артёмов А.В. Вторичные полимерные отходы для производства упаковки и тары: учебно-методическое пособие для выполнения практических работ. Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. 39 с.
3. Основы материальных расчетов и выбора оборудования для переработки пластических масс литьем под давлением: метод. пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования / сост.: Ю.И. Литвинец. Екатеринбург: УГЛТА, 2001.

УДК 678

Маг. Ю.М. Кулаженко
Рук. А.Ф. Уразова, А.Е. Шкуро
УГЛТУ, Екатеринбург

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПАУНДОВ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ**

Трёхмерная печать является одной из самых перспективных инноваций, используемых в современных технологиях проектирования и мелко-серийном производстве. 3D-принтер – это устройство, которое создаёт объёмный предмет на основе виртуальной 3D-модели. В отличие от обычного принтера, который выводит информацию на лист бумаги, 3D-принтер позволяет выводить трёхмерную информацию, т. е. создавать определённые физические объекты. В основе технологии 3D-печати лежит принцип послойного создания (выращивания) твёрдой модели [1].

На данный момент времени существует множество способов 3D-печати, использующих различные материалы, но в основе любого из них лежит принцип послойного создания материального объекта.

Технологии 3D-печати находят широкое применение:

- в промышленном производстве;
- в медицине при протезировании и производстве имплантатов;

- в строительстве зданий и сооружений.

Бурное развитие 3D-печати привело к не менее бурному развитию расходных (рабочих) материалов для печати, большей частью древесно-полимерных композитов (далее ДПКт). Данное обстоятельство связано с тем, что именно ДПКт оказались наиболее пригодными для технологий FDM (моделирования методом наплавления) и SLS (селективного лазерного спекания) [2].

Основным фактором роста производства изделий из древесно-полимерных композитов с термопластичными полимерами является их более низкая стоимость по сравнению с изделиями из чистых термопластиков.

С целью снижения себестоимости ДПКт исследована возможность замены сырья коммерчески доступных 3D-феломентов на более дешевый аналог и увеличение процентного содержания наполнителя в его составе.

Экономическим преимуществом использования исследуемых материалов является снижение себестоимости конечной продукции при сохранении эксплуатационных свойств изделий на базовом уровне.

Поскольку рассматриваемые композиты предполагается использовать для производства 3D-филамента, то в задачу исследования входил поиск оптимальной рецептуры ДПКт с расчетом на то, чтобы изделие было схоже по пределу текучести расплава (ПТР), так как это свойство является приоритетным для 3D-филаментов. Изделия, полученные по выбранной рецептуре, не должны уступать эталону по ПТР. В качестве эталона сравнения в работе использован 3D-филамент на основе ДПКт, состоящий из 20 % древесной муки (наполнитель) и 80 % PLA (матрица), производства фирмы «Tianse» (Китай).

На основании проведенных ранее экспериментов для дальнейшего исследования в качестве полимерных матриц древеснонаполненных композитов для трехмерной печати были выбраны сэвилен марки 150 (28 % винилацетатных звеньев) и литевой полиэтилен низкого давления марки «Сноленн IM 27/54». Результаты измерений показателя текучести данных полимеров с различной степенью наполнения муки шелухи овса представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

ПТР смесей сэвилена и муки шелухи овса

Массовая доля компонента, %		ПТР при 49 Н
Сэвилен «150»	Мука овсяная OM-180	
80	20	19,49
50	50	7,48

Таблица 2

ПТР смесей ПЭНД марки «Снолен» и муки шелухи овса

Массовая доля компонента, %		ПТР при 49 Н
ПЭНД «Снолен»	Мука овсяная ОМ-180	
80	20	4,32
70	30	6,48

По полученным результатам ПТР можно сделать вывод, что предел текучести расплава повышается при увеличении наполнителя в составе ДПКт с полимерной матрицей ПЭНД марки «Снолен» и уменьшается с матрицей СЭВА «150».

После сравнения показателей текучести расплава ДПКт с разными составами для рецептуры ДПКт был выбран композит следующего состава: 70 % полиэтилена низкого давления марки «Снолен» и 30 % муки шелухи овса марки «ОМ-180».

Физико-механические свойства 3D-филаментов на основе ДПКт, состоящих из 20 % древесной муки, 80 % PLA, 30 % муки шелухи овса и 70 % ПЭНД марки «Снолен» приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнительная таблица физико-механических свойств ДПКт

Свойства	Эталон	Композит «Снолен» – ОМ
Твёрдость по Бринеллю, МПа	72,2	22,9
Число упругости, %	74	88,4
Ударная вязкость, кДж/м ²	11,3	11,2
Ударная вязкость с надрезом, кДж/м ²	6,2	6,0

По результатам измерений видно, что экспериментальный образец уступает по твердости по сравнению с эталонным образцом. Это связано с тем, что эталонный образец имеет более жесткую полимерную матрицу. Остальные же физико-механические свойства композитов схожи.

Результаты испытаний показывают, что наиболее подходящей рецептурой, обладающей высоким ПТР и хорошими физико-механическими свойствами, является древесно-полимерный композит состоящий из 70 % полиэтилена низкого давления марки «Снолен» и 30 % муки шелухи овса.

Таким образом, в результате многократных экспериментов получили новую рецептуру ДПКт, близкую по свойствам к коммерчески доступным маркам 3D-филаментов, но более низкую по себестоимости, которую можно использовать в индустрии 3D-печати.

Библиографический список

1. Шкуро А.Е., Кривоногов П.С. Технологии и материалы 3D-печати: учебное пособие. Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. 98 с.
2. Коваленко Р.В. Современные полимерные материалы и технологии 3D-печати // Вестник Казанского технологического университета. Казанский национальный исследовательский технологический университет. г. Казань, 2015. С. 263–266.

УДК 621.798

Студ. М.С. Лугинина
Рук. А.В. Артёмов
УГЛТУ, Екатеринбург

**РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА МАРКИРОВКИ
МЕСТ НАКОПЛЕНИЯ ОТХОДОВ**

Одним из основных требований при организации мест (объектов) накопления отходов производства и потребления является обязательная маркировка либо обозначение специальными информационными знаками.

Согласно Федеральному закону от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» ст. 13.4 накопление отходов допускается только в местах (на площадках) накопления отходов, соответствующих требованиям законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения и иного законодательства Российской Федерации [1].

Накопление отходов – складирование отходов на срок не более чем одиннадцать месяцев в целях их дальнейших обработки, утилизации, обезвреживания, размещения.

Практически на всех предприятиях организуются места (объекты) накопления отходов, откуда они по мере необходимости удаляются на объекты по утилизации, обезвреживания или размещения отходов.

Исходя из выше сказанного, все места и объекты накопления отходов на предприятиях должны иметь соответствующую маркировку (информационное обозначение). Однако в существующее время требования к маркировке мест накопления отходов не установлены на законодательном уровне в соответствующем порядке.

В свою очередь, невыполнение требований природоохранного законодательства в области безопасного обращения с отходами влечет за собой административную ответственность.

В соответствии со ст. 8.2 КоАП РФ [2] несоблюдение экологических и санитарно-эпидемиологических требований при транспортировании и